

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ
ЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТУЧИХ ИНГИБИТОРОВ
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ
НА ПРИМЕРЕ МЕДИ И ИФХАН-114**

В. И. Вигдорович^{1,3}, Л. Е. Цыганкова², Л. Г. Князева³,
Н. В. Шель⁴, А. В. Дорохов³, И. В. Зарапина⁴

*Кафедры: «Прикладная геометрия и компьютерная графика» (1),
«Химия и химические технологии» (4), ФГБОУ ВО «ТГТУ»; vits21@mail.ru;
кафедра химии и экологической безопасности,
ФГБОУ ВО «ТГУ имени Г. Р. Державина» (2);
лаборатория организации хранения и защиты техники от коррозии,
ФГБНУ «ВНИИТиН» (3), г. Тамбов, Россия*

Ключевые слова: атмосфера; защита; ингибитор; коррозия; медь; поляризация.

Аннотация: В целях моделирования условий для оценки защитной эффективности летучего ингибитора ИФХАН-114 при атмосферной коррозии меди в присутствии в воздухе одновременно двух стимуляторов коррозии $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$ или в $\text{H}_2\text{S} + \text{NH}_3$ проведены потенциодинамические поляризационные измерения в 0,1 М растворе NaCl, содержащем в широком интервале концентраций продукты гидролиза карбоната или сульфида аммония. Сопоставление данных, полученных посредством весовых испытаний и поляризационных измерений, показало, что второй подход позволяет получить лишь качественные результаты, что требует существенно меньших затрат времени, чем первый.

Введение

В силу высоких потребительских качеств медь давно изучается как объект коррозионных и электрохимических исследований. В работе [1] отмечено, что при воздействии воздуха с фоновыми концентрациями стимуляторов коррозия (СК) меди носит равномерный характер. Средняя величина скорости ее общей коррозии составляет порядка $1,3 \cdot 10^{-3}$ мм/год и существенно возрастает в присутствии соединения мышьяка [1]. Локальной коррозии меди способствует дифференциальная аэрация. Относительная устойчивость металла на воздухе обуславливается формированием защитных поверхностных пленок на основе углекислых солей, близких по составу к природному малахиту $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ [2], и существенно снижается в присутствии SO_2 . Даже в промышленных атмосферах скорость коррозии незначительна в силу формирования тонких поверхностных слоев патины [3], основу которых составляет $\text{Cu}(\text{OH})_6\text{SO}_4$, причем вначале образуется оксид меди (I) Cu_2O , который затем трансформируется в иные продукты [1].

В настоящее время исследователи в технически развитых странах описывают скорость атмосферной коррозии меди как функцию концентрации СК посредством уравнений – «функция доза-ответ» (ФДО) [4]. На начальном этапе уравнения ФДО представляли собой простейшие корреляционные зависимости типа

$$ML = A_1 + A_2[SO_2],$$

где ML — потери массы, A_1 и A_2 — константы, $[SO_2]$ — равновесная концентрация в воздухе оксида серы (IV), $мг/м^3$. Затем зависимости усложнялись за счет учета влияния концентрации хлора $[Cl]$ и относительного времени увлажнения (TOW). По стандарту ИСО 9223–2017, TOW – годовая суммарная длительность воздействия на металл воздуха с относительной влажностью $Rh > 80\%$ при температуре $> 0\text{ }^\circ\text{C}$.

В настоящее время для меди предлагаются многочисленные ФДО вида:

$$K = 0,14 [SO_2] + 0,007(TOW) - 16,9,$$

где K – скорость коррозии, $г/(м^2 \cdot \text{год})$;

$$K = 0,55 + 0,0062[SO_2] + 0,00038(\text{Rain}),$$

где K – скорость коррозии, $мкм/год$; Rain – количество осадков, $мм/год$;

$$K = 1,03 + 1,45[Cl] + 2,00[SO_2],$$

где K – скорость коррозии, $мкм/год$; $[Cl]$ – равновесная концентрация ионов хлора, $мг/(дм^2 \cdot \text{сут})$.

В США предложено следующее уравнение ФДО

$$\ln(ML) = 0,802 + 0,805 \ln(\tau) + 0,641(\ln 0,49\tau_{80} [SO_2]) + \\ + 0,328 [Cl] + 0,0159 [H^+] - 0,0046 (\text{Dust}),$$

где τ – период испытаний, годы; τ_{80} – доля годового времени при $Rh > 80\%$; $[H^+]$ – концентрация ионов H^+ , $мг\text{-экв}/(м^2 \cdot \text{год})$; Dust – скорость выпадения пыли, $мг/(м^2 \cdot \text{сут})$.

Природа продуктов атмосферной коррозии меди существенно зависит от наличия в воздухе микропримесей, выступающих в роли СК. Первичный продукт окисления меди – куприт Cu_2O образуется в природных атмосферах в различных типах. Сульфиды Cu_2S и CuS формируются при наличии H_2S , присутствие в воздухе SO_2 ведет к возникновению сульфатов $Cu_3(OH)_4SO_4$ и $Cu_3SO_4 \cdot 2Cu(OH)_2$. В чистой сельской атмосфере на поверхности меди формируются составы $Cu_2(OH)_2CO_3$ или $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ (малахит). Влияние SO_2 на коррозию меди и некоторые вопросы ее торможения детально рассмотрены в работе [5].

В условиях сельскохозяйственного производства медь, используемая в качестве конструкционного материала, подвергается особенно интенсивному коррозионному воздействию в атмосфере животноводческих ферм [6], где предельно-допустимая концентрация составляет, $мг/м^3$, для H_2S – 10, NH_3 – 20, CO_2 – не регламентируется [7]. Относительная влажность воздуха в них близка к 100 %.

При проведении электрохимических поляризационных измерений учитывается тот факт, что в подобных условиях на поверхности меди формируется поверхностная фазовая пленка влаги, в которой растворяются микропримеси воздуха, выступающие в качестве СК – H_2S , NH_3 , CO_2 . Следует отметить, что взаимодействие кислых и основных продуктов их гидратации формально приводит к образованию солей слабых кислот и оснований – карбоната аммония $(NH_4)_2CO_3$ и сульфида аммония $(NH_4)_2S$. В пленке влаги они в молекулярной форме практически отсутствуют, так как почти нацело подвергаются гидролизу с образованием исходных слабых кислот H_2S , H_2CO_3 и основания NH_4OH . В ряде случаев принято, что они существуют в солевой форме.

Цель работы – изучение связи концентрации указанных солей и эффективности ингибитора ИФХАН-114 (100 мг/л) при его влиянии на кинетику парциальных электродных катодных и анодных реакций в условиях атмосферной коррозии меди.

Методика эксперимента

В качестве летучего ингибитора коррозии (**ЛИК**) использовали ИФХАН-114, представляющий собой неэквивалентную смесь полианилина с бензойной кислотой, хорошо растворимую в воде и малорастворимую в бензоле (ТУ 24155-114-16424386–2018) с давлением насыщенного пара менее 0,130 (третий класс опасности).

Электрохимические измерения проведены в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 0,66 мВ/с. Использованы трехэлектродная ячейка из стекла «Пирекс» с платиновым вспомогательным и хлоридсеребряным электродами сравнения и потенциостат IPC Pro MF (разработка Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН). Electroды из меди М2 состава, (% по массе): Bi < 0,002; Sb < 0,005; As < 0,01; Cr < 0,04; Si = 0,044; Zr = 0,04, остальное Cu с рабочей поверхностью (**РП**) 0,8 см² армировали оправку из эпоксидной смолы ЭДП с отвердителем полиэтиленполиамином. Перед экспериментом РП полировали для 6 класса чистоты, промывали дистиллированной водой и сушили фильтровальной бумагой. В качестве фонового использовали 0,1 М раствор NaCl. Некоторые сложности связаны с моделированием влияния стимуляторов коррозии: NH₃, CO₂ и H₂S, которые определенным образом, в зависимости от природы соединения, распределяются между газовой и жидкой фазами.

При этом учитывалось, что растворяющиеся в фазовой поверхностной пленке влаги указанные СК практически нацело гидролизуются с образованием основания NH₄OH и соответствующих кислот H₂CO₃ и H₂S, которые должны взаимодействовать между собой с получением солей (NH₄)₂CO₃ и (NH₄)₂S. Карбонат и сульфид аммония в силу того, что они образованы слабыми основаниями и кислотами, практически нацело гидролизуются с появлением исходных продуктов.

Учитывая данный факт, влияние совместного присутствия NH₃ и CO₂ моделировали введением в фоновый раствор (NH₄)₂CO₃ квалификации «ч.д.а» в концентрации 10, 20, 50 и 100 мг/л. Совместное влияние NH₃ и H₂S неоднозначно, так как соль (NH₄)₂S получить не удастся в силу ее нестабильности. Поэтому в фоновый раствор электролита, используемого для достижения необходимой удельной электропроводности и получения в заданных концентрациях (NH₄)₂S (10, 20, 50 и 100 мг/л), вводили эквивалентные количества Na₂S и NH₄Cl и в результате гидролиза ионов NH₄⁺ и S²⁻ образовывались NH₄OH и H₂S, устойчивые в поверхностной фазовой пленке.

Для сопоставления результатов, полученных посредством электрохимических и весовых испытаний, вторые проводились в герметичных эксикаторах, объемом 7 л, в которых создавались заданные концентрации СК в газовой фазе по методике, предложенной авторами статьи. Методика базируется на связи давления насыщенного пара СК с их концентрациями в растворе, согласно уравнению Генри.

Давление насыщенного пара ингибитора в эксикаторах и 100%-я относительная влажность воздуха достигались введением двух дополнительных малых емкостей, заполняемых, соответственно, водой и ингибитором. Продолжительность коррозионных испытаний – 240 ч. Продукты коррозии после весовых испытаний снимали 10%-м раствором HCl, содержащим 3 г/л уротропина и 1 г/л KI. Все исследования проводились при комнатной температуре.

Экспериментальные результаты и обсуждение

На рисунке 1 показаны катодные и анодные потенциодинамические поляризационные кривые меди М2 в 0,1 М фоновом растворе NaCl, а также в присутствии соли $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и ингибитора ИФХАН-114. В растворе фона, сразу после погружения электрода, потенциал коррозии меди $E_{\text{кор}}$ составляет +0,080 В, тангенс угла наклона тафелевского участка анодной поляризационной кривой B_a близок к 0,060 В, что удовлетворительно согласуется с многочисленными литературными данными. Скорость коррозии $i_{\text{кор}}$, полученная из данных поляризационных измерений, составляла в электрических единицах $\sim 0,015 \text{ A/m}^2$. Через сутки эти параметры составили: $E_{\text{кор}} = +0,070 \text{ В}$, $B_a = 0,060$, $i_{\text{кор}} = 0,022 \text{ A/m}^2$ (см. рис. 1, кривые 1 и 2).

Введение 10 мг/л карбоната аммония, который, как отмечалось выше, практически полностью гидролизует, уменьшает $E_{\text{кор}}$ (сразу после погружения в раствор) до +0,025 В, а $i_{\text{кор}}$ увеличивается до $0,044 \text{ A/m}^2$. С суточной выдержкой меди в растворе эти показатели не меняются. С дополнительным введением, помимо $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, еще 100 мг/л ИФХАН-114, $E_{\text{кор}}$ возрастает до 0,010 В, а $i_{\text{кор}}$ понижается до $0,028 \text{ A/m}^2$. Суточная выдержка меди в растворе не изменяет эти величины. Таким образом, в присутствии в воздухе NH_3 и CO_2 , что моделировало введение $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, защитное действие ингибитора составило 30 %. Результаты влияния концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ в присутствии ингибиторов на некоторые параметры электрохимической коррозии меди представлены в табл. 1.

Связь защитного действия ингибитора с концентрацией карбоната аммония показана на рис. 2.

С введением и последующим ростом концентрации соли в растворах, не содержащих и содержащих ингибитор, $E_{\text{кор}}$ и $i_{\text{кор}}$ – возрастают (см. рис. 1), достигая в ряде случаев ($C_{\text{соли}} = 50$ и 100 мг/л), соответственно, 76 и 85 %. Данный эффект обусловлен торможением анодной реакции ионизации меди. Причем в пределах ошибки эксперимента вид функции $i = f(C_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3})$ не зависит в течение суток от продолжительности коррозионного воздействия среды.

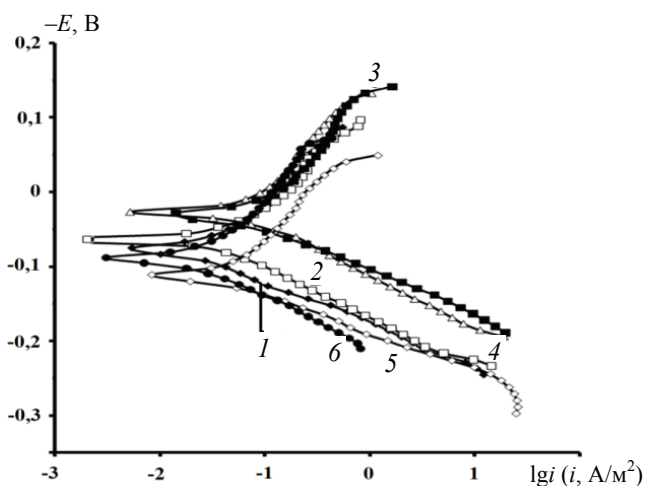


Рис. 1. Поляризационные кривые меди в 0,1 М растворе NaCl в присутствии добавок:

1, 2 – отсутствуют; 3, 4 – 10 мг/л $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$;

5, 6 – 10 мг/л $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ + 100 мг/л ИФХАН-114;

1, 3, 5 – сразу после погружения в раствор; 2, 4, 6 – после суточного воздействия коррозионной среды; атмосфера – воздух

Таблица 1

Влияние концентрации карбоната аммония и продолжительности воздействия среды на величины $E_{кор}$ и $i_{кор}$ в неингибированных и ингибированных (100мг/л ИФХАН-114) 0,1 М растворах NaCl

Среда	$C_{соли}$, мг/л	Наличие ИФХАН-114	$E_{кор,1}$	$E_{кор,2}$	$i_{кор,1}$	$i_{кор,2}$
			В		А/м ²	
1	Отс.	Отс.	0,080	0,070	0,015	0,022
2	10		0,025		0,044	
3		В	0,010		0,028	
4	20	Отс.	0,010	0,025	0,051	0,034
5		В	0,110	0,115		0,020
6	50	Отс.	0,052	0,020	0,110	0,070
7		В	0,080	0,107	0,017	0,017
8	100	Отс.	0,050	0,030	0,027	0,039
9		В	0,090	0,140	0,008	0,006

Примечание: Отс. – ингибитор отсутствует, В – ингибитор введен.

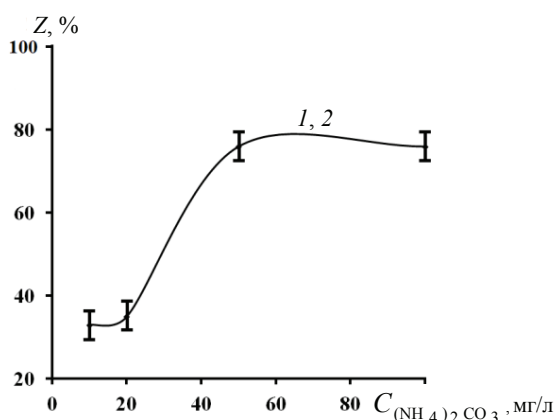


Рис. 2. Зависимость защитного действия ингибитора ИФХАН-114 при коррозии меди в 0,1М растворе NaCl от содержания $(NH_4)_2CO_3$ и продолжительности воздействия среды:

1 – сразу после погружения металла в раствор; 2 – после суточного пребывания в коррозионной среде

Рассмотрим эффективность действия ингибитора в присутствии в паровой фазе NH_3 и H_2S и, соответственно в растворе формально сульфида аммония. Соответствующие потенциодинамические поляризационные кривые приведены на рис. 3.

В фоновом растворе потенциал коррозии меди сразу после погружения в раствор составляет $-0,030$ В и при суточном воздействии среды увеличивается до $-0,015$ В. Соответственно, токи коррозии меди равны $0,020$ и $0,027$ А/м². При наличии сульфида аммония $(NH_4)_2S$ медь, как и в присутствии карбоната аммония, корродирует в активном состоянии без следов пассивации.

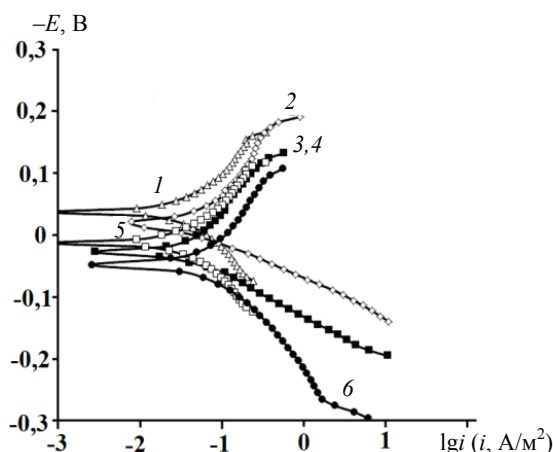


Рис. 3. Поляризационные кривые меди в 0,1 М растворе NaCl в присутствии добавок:
 1, 2 – отсутствуют; 3, 4 – 10 мг/л $(\text{NH}_4)_2\text{S}$;
 5, 6 – 10 мг/л $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ + 100 мг/л ИФХАН – 114;
 1, 3, 5 – сразу после погружения в раствор;
 2, 4, 6 – после суточного воздействия среды; атмосфера – воздух

Формальное введение 10 мг/л сульфида аммония в неингибированный раствор не изменяет потенциал коррозии меди в начальный момент и увеличивает его до 0,030 В через сутки за счет торможения анодной реакции (при потенциалах вблизи $E_{\text{кор}}$). Ток коррозии при этом практически не меняется ($i_{\text{кор}} = 0,027 \text{ A/m}^2$). Присутствие 100 мг/л ингибитора ИФХАН-114 понижает $i_{\text{кор}}$ до величины 0,013 A/m^2 независимо от продолжительности пребывания меди в растворе вплоть до 24 ч.

Соответствующие величины $E_{\text{кор},i}$ и $i_{\text{кор},i}$ как функция концентрации сульфида аммония в виде продуктов его полного гидролиза приведены в табл. 2.

Функция в координатах $(Z, C_{(\text{NH}_4)_2\text{S}})$ проходит через минимум (рис. 4).

Таблица 2

Влияние концентрации сульфида аммония и присутствия ингибитора (100 мг/л) на потенциалы и токи коррозии меди в 0,1 М растворах NaCl

Среда	$C_{\text{соли}}$, мг/л	Наличие ингибитора	$E_{\text{кор},1}$	$E_{\text{кор},2}$	$i_{\text{кор},1}$	$i_{\text{кор},2}$
			В		A/m^2	
1	Отс.	Отс.	-0,030	-0,15	0,020	0,027
2	10		0,030		0,027	
3		В	0,015	0,055	0,013	
4	20	Отс.	0,020		0,030	
5		В	0,055	0,100	0,015	
6	50	Отс.	0,020		0,030	
7		В	0,055	0,100	0,015	
8	100	Отс.	0,030	0,060	0,010	
9		В	0,120	0,160	0,010	
10	500	Отс.	-		0,011	0,019
11		В	-		0,005	

Примечание: Отс. – ингибитор отсутствует, В – ингибитор введен.

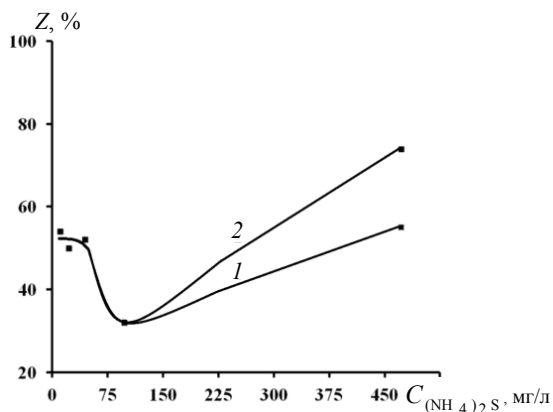


Рис. 4. Зависимость защитного действия ингибитора ИФХАН-114 при коррозии меди в 0,1 М растворе NaCl от содержания $(NH_4)_2S$ и продолжительности воздействия среды:

1 – сразу после погружения в раствор; *2* – после суточного пребывания в коррозионной среде

Интересно сравнить данные, характеризующие влияние ингибитора, полученные из электрохимических измерений, с соответствующими величинами, рассчитанными на основе результатов весовых испытаний.

Весовые испытания коррозии меди, проведенные в течение 240 ч, привели к следующему. Защитная эффективность ИФХАН-114 при атмосферной коррозии меди в присутствии $20 \text{ мг/м}^3 \text{ NH}_3$ и $0,2 \%$ CO_2 составила 79% , а в присутствии $20 \text{ мг/м}^3 \text{ NH}_3$ и $10 \text{ мг/м}^3 \text{ H}_2\text{S}$ характеризуется величиной Z , равной 30% . Таким образом, полученные результаты значительно различаются (см. рис. 2 и 4), хотя и подтверждают наличие ингибирующей способности ИФХАН-114 в хлоридном нейтральном растворе. Причина таких расхождений может быть в следующем.

1. Поверхностно-активные анионы хлора могут существенно снижать степень заполнения поверхности ингибирующими частицами, что уменьшает эффективность ИФХАН-114.

2. Скорость атмосферной коррозии меди во времени меняется в течение многих лет, очевидно, за счет изменения состояния поверхности [4]. Поэтому различие в продолжительности весовых коррозионных испытаний и длительности выдержки в растворе при проведении поляризационных измерений влияет на ингибирующую эффективность активного начала используемого ингибитора.

3. Присутствие в растворе ионов хлора может существенно менять природу формирующихся в процессе коррозии поверхностных образований.

Учитывая изложенное, следует считать, что метод поляризационных измерений может быть использован для качественной оценки эффективности летучих ингибиторов в процессе атмосферной коррозии металлов, но он приводит к значительным количественным отклонениям, по сравнению с данными гравиметрических испытаний.

Заключение

1. В неингибированных хлоридных растворах продукты полного гидролиза солей слабых кислот и оснований могут выступать как стимуляторы либо ингибиторы коррозии, как это имеет место в случае карбоната и сульфида аммония. При этом характер наблюдаемого эффекта может изменяться в зависимости от концентрации продуктов гидролиза солей.

2. Метод поляризационных измерений следует рассматривать как экспресс-метод качественной оценки ингибирующей способности замедлителей коррозии. Для получения количественных данных необходимо использовать другие способы.

Исследование выполнено при финансировании Российским научным фондом, проект № 18-16-00006.

Список литературы

1. Тодт, Ф. Коррозия и защита от коррозии / Ф. Тодт ; пер. с нем. Л. И. Акинфиева [и др.] ; под ред. П. Н. Соколова. – М. ; Л. : Химия, 1966. – 848 с.
2. Томашов, Н. Д. Теория коррозии и защита металлов / Н. Д. Томашов. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 592 с.
3. Розенфельд, И. Л. Атмосферная коррозия металлов / И. Л. Розенфельд. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – 372 с.
4. Михайлов, А. А. Атмосферная коррозия и защита металлов / А. А. Михайлов, Ю. М. Панченко, Ю. И. Кузнецов. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2016. – 555 с.
5. Коррозия и защита металлов в условиях повышенной концентрации оксида серы (IV) и продуктов его гидратации / В. И. Вигдорович [и др.]. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2015. – 364 с.
6. Кузьмин, В. Н. Справочник фермера / В. Н. Кузьмин, В. Ф. Федоренко, С. Н. Сазонов. – М. : Росинформагротех, 2013. – 616 с.
7. Онегов, А. П. Гигиена сельскохозяйственных животных / А. П. Онегов, И. Ф. Храбустовский, В. И. Черных ; под ред. А. П. Онегова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Колос, 1977. – 400 с.

Exploring the Possibilities of Evaluating the Protective Efficiency of Volatile Inhibitors by Electrochemical Polarization in the Example of Copper and IFHAN-114

**V. I. Vigdorovich^{1,3}, L. E. Tsygankova², L. G. Knyazeva³,
N. V. Shel⁴, A. N. Dorokhov³, I. V. Zarpina⁴**

*Departments of Applied Geometry and Computer Graphics (1)
Chemistry and Chemical Technologies (4), TSTU; vits21@mail.ru;
Department of Chemistry and Environmental Safety G. R. Derzhavin TSU (2);
Laboratory of Storage and Protection of Equipment against Corrosion,
All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Oil Products (3),
Tambov, Russia*

Keywords: atmosphere; protection; inhibitor; corrosion; copper; polarization.

Abstract: In order to simulate the conditions for assessing the protective efficacy of the volatile inhibitor IFHAN-114 in atmospheric corrosion of copper in the simultaneous presence of two corrosion stimulants $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$ in the air or $\text{H}_2\text{S} + \text{NH}_3$, potentiodynamic polarization measurements were carried out in 0.1 M NaCl solution containing, the products of ammonium carbonate or ammonium sulfide in a wide range

of concentrations. The comparison of the data obtained through weight tests and polarization measurements showed that the second approach provides only qualitative results, which, however, requires significantly less time than the first one.

References

1. Todt F. *Korroziya i zashchita ot korrozii* [Corrosion and Corrosion Protection], Moscow; Leningrad: Khimiya, 1966, 848 p. (In Russ.)
2. Tomashov N.D. *Teoriya korrozii i zashchita metallov* [The Theory of Corrosion and Protection of Metals], Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 1959, 592 p. (In Russ.)
3. Rozenfel'd I.L. *Atmosfernaya korroziya metallov* [Atmospheric Corrosion of Metals], Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 1960, 372 p. (In Russ.)
4. Mikhaylov A.A., Panchenko Yu.M., Kuznetsov Yu.I. *Atmosfernaya korroziya i zashchita metallov* [Atmospheric Corrosion and Protection of Metals], Tambov: Izdatel'stvo Pershina R.V., 2016, 555 p. (In Russ.)
5. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Bernatsky P.N., Shel N.V. *Korroziya i zashchita metallov v usloviyakh povyshennoy kontsentratsii oksida sery (IV) i produktov yego gidratatsii* [Corrosion and Protection of Metals in Conditions of High Concentration of Sulfur and Sulfur Oxides (IV) and Products of its Hydration], Tambov: Izdatel'stvo Pershina R.V., 2015, 364 p. (In Russ.)
6. Kuz'min V.N., Fedorenko V.F., Sazonov S.N. *Spravochnik fermera* [Farmer's Handbook], Moscow: Rosinformagrotekh, 2013, 616 p. (In Russ.)
7. Onegov A.P. [Ed.], Khrabustovskiy I.F., Chernykh V.I. *Gigiyena sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Hygiene of Farm Animals], Moscow: Kolos, 1977, 400 p. (In Russ.)

Untersuchung der Bewertungsmöglichkeit der Schutzwirkung der flüchtigen Inhibitoren durch die Methode der elektrochemischen Polarisation am Beispiel von Kupfer und IFHAN-114

Zusammenfassung: Um die Bedingungen für die Beurteilung der Schutzwirkung des flüchtigen Inhibitors IFHAN-114 bei atmosphärischer Korrosion von Kupfer in Gegenwart von zwei Korrosionsstimulanzien in der Luft gleichzeitig $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$ oder $\text{H}_2\text{S} + \text{NH}_3$ zu simulieren, wurden potentiodynamische Polarisationsmessungen in 0,1 M NaCl-Lösung durchgeführt, die in einem breiten Konzentrationsbereich die Produkte von Ammoniumcarbonat oder Ammoniumsulfid enthielten. Ein Vergleich der durch Gewichtstests und Polarisationsmessungen erhaltenen Daten zeigte, dass der zweite Ansatz nur qualitative Ergebnisse liefert, was jedoch wesentlich weniger Zeitaufwand erfordert als der erste.

Étude de la possibilité d'évaluer l'efficacité protectrice des inhibiteurs volatils par polarisation électrochimique à l'exemple du cuivre et IFHAN-114

Résumé: Dans le but de modéliser les conditions pour évaluer les effets nouveaux protecteurs de l'inhibiteur volatil IFHAN-114 dans la corrosion atmosphérique du cuivre en présence de deux stimulants de corrosion $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$ ou $\text{H}_2\text{S} + \text{NH}_3$ simultanément

dans l'air, ont été effectuées des mesures de polarisation potentiodynamique dans une solution de NaCl de 0,1 M contenant des produits d'hydrolyse du carbonate ou du sulfure d'ammonium dans une large gamme de concentrations. La comparaison des données obtenues grâce aux essais de pesage et aux mesures de polarisation a montré que la deuxième approche ne permet que de produire des résultats de qualité, ce qui nécessite cependant beaucoup moins de temps qu'avec la première approche.

Авторы: **Вигдорovich Владимир Ильич** – доктор химических наук, профессор кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика», ФГБОУ ВО «ТГТУ», главный научный сотрудник лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии, ФГБНУ «ВНИИТиН»; **Цыганкова Людмила Евгеньевна** – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии и экологической безопасности, ФГБОУ ВО «ТГУ имени Г. Р. Державина»; **Князева Лариса Геннадьевна** – доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии, ФГБНУ «ВНИИТиН»; **Шель Наталья Владимировна** – доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и химические технологии», ФГБОУ ВО «ТГТУ»; **Дорохов Андрей Валерьевич** – младший научный сотрудник лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии, ФГБНУ «ВНИИТиН»; **Зарапина Ирина Вячеславовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и химические технологии», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: **Лазарев Сергей Иванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная геометрия и компьютерная графика», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.